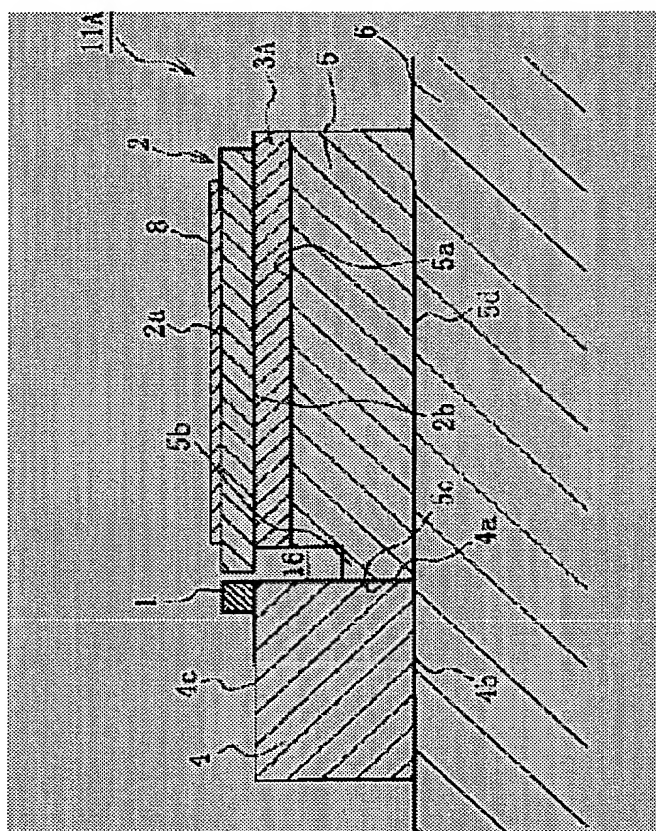


SECOND HARMONIC GENERATION DEVICE

Patent number: JP2001242499
Publication date: 2001-09-07
Inventor: RI SHOEI; KONDO JUNGO; KOZUKA YOSHINARI
Applicant: NGK INSULATORS LTD
Classification:
- international: G02F1/377; H01S5/026; H01S5/068
- european:
Application number: JP20000050739 20000228
Priority number(s): JP20000050739 20000228

Abstract of JP2001242499

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent decrease in the output of second harmonic with time in a device equipped with a semiconductor laser to oscillate the fundamental wave, a substrate for conversion equipped with an optical waveguide to convert the fundamental wave to the second harmonic, and a means to control the temperature of the optical waveguide. **SOLUTION:** The second harmonic generation device 11A is equipped with a heat sink 6, a mounting supported on the heat sink 6, the semiconductor laser 1 which is supported by the mount and which oscillates the fundamental wave, the substrate 2 for conversion supported by the mounting and equipped with the optical waveguide for converting the fundamental wave into the second harmonic, and the temperature control means 8 for controlling the temperature of the optical wave guide. The mounting is equipped with heat conduction parts 4 and 5, and a heat insulation part 3A. The semiconductor laser 1 is supported on the heat sink 6 via the heat conduction parts 4 and 5. At least the heat insulation part 3A is interposed between the substrate 2 for conversion and the heat sink 6.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-242499

(P2001-242499A)

(43) 公開日 平成13年9月7日 (2001.9.7)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-ト* (参考)

G 0 2 F 1/377

G 0 2 F 1/377

2 K 0 0 2

H 0 1 S 5/026

H 0 1 S 5/026

5 F 0 7 3

5/068

5/068

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-50739(P2000-50739)

(22) 出願日 平成12年2月28日 (2000.2.28)

(71) 出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市長穂区須田町2番56号

(72) 発明者 李 少榮

愛知県名古屋市長穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(72) 発明者 近藤 順悟

愛知県名古屋市長穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(74) 代理人 100059258

弁理士 杉村 暁秀 (外2名)

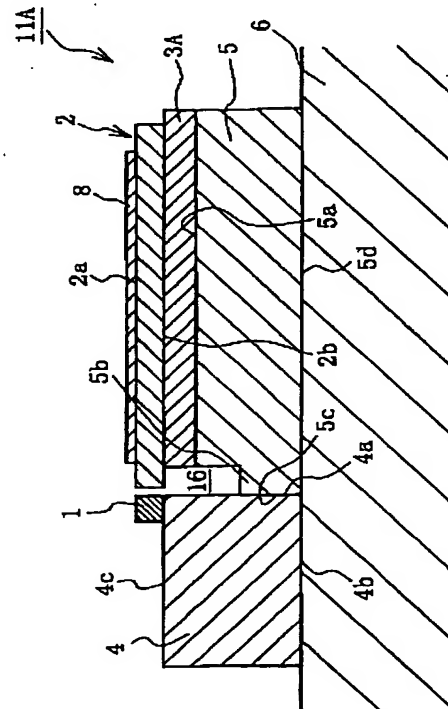
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 第二高調波発生装置

(57) 【要約】

【課題】 基本波を発振する半導体レーザーと、基本波を第二高調波へと変換する光導波路を備えた変換用基板と、光導波路の温度を制御する手段とを備えたデバイスにおいて、第二高調波の出力の経時的な減少を防止する。

【解決手段】 第二高調波発生装置 11Aは、ヒートシンク6、ヒートシンク6の上に支持されているマウント、マウントに支持されている、基本波を発振する半導体レーザー1、マウントに支持されている、基本波を第二高調波へと変換する光導波路を備えた変換用基板2、および光導波路の温度を制御するための温度制御手段8を備えている。マウントは熱伝導部4、5と断熱部3Aとを備えている。半導体レーザー1が熱伝導部4、5を介してヒートシンク6上に支持されている。変換用基板2とヒートシンク6との間に少なくとも断熱部3Aが介在している。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ヒートシンク、

このヒートシンクの上に支持されているマウント、
前記マウントに支持されている、基本波を発振するための半導体レーザー、
前記マウントに支持されている、前記基本波を第二高調波へと変換するための波長変換用光導波路を備えた変換用基板、および前記波長変換用光導波路の温度を制御するための温度制御手段を備えており、前記マウントが熱伝導部と断熱部とを備えており、前記半導体レーザーが前記熱伝導部を介して前記ヒートシンク上に支持されており、前記変換用基板と前記ヒートシンクとの間に少なくとも前記断熱部が介在していることを特徴とする、第二高調波発生装置。

【請求項 2】 前記断熱部の材質の熱伝導率が、前記熱伝導部の材質の熱伝導率の $1/5$ 以下であることを特徴とする、請求項 1 記載の第二高調波発生装置。

【請求項 3】 前記断熱部が、前記変換用基板の底面を支持する断熱層であることを特徴とする、請求項 1 または 2 記載の第二高調波発生装置。

【請求項 4】 前記断熱層に空隙部分が設けられていることを特徴とする、請求項 3 記載の第二高調波発生装置。

【請求項 5】 前記熱伝導部が、前記半導体レーザーを支持する第一の支持台と、第一の支持台と別体の前記断熱層を支持する第二の支持台とを備えていることを特徴とする、請求項 3 または 4 記載の第二高調波発生装置。

【請求項 6】 前記熱伝導部が、前記半導体レーザーを支持する第一の支持台と、前記第一の支持台に連結されており、かつ前記ヒートシンク上に設置されている第二の支持台とを備えており、前記断熱部が、前記ヒートシンク上に設置されており、かつ前記変換用基板の底面を支持している第三の支持台を備えており、前記第一の支持台と前記ヒートシンクとの間に隙間が設けられていることを特徴とする、請求項 1 または 2 記載の第二高調波発生装置。

【請求項 7】 前記第二の支持台の上面の上方に前記変換用基板が設置されており、かつ前記第二の支持台と前記変換用基板の底面との間に隙間が設けられていることを特徴とする、請求項 6 記載の第二高調波発生装置。

【請求項 8】 前記マウントの前記半導体レーザーを支持する第一の支持面と、前記マウントの前記変換用基板を支持する第二の支持面との間に溝が形成されていることを特徴とする、請求項 1-7 のいずれか一つの請求項に記載の第二高調波発生装置。

【請求項 9】 前記温度制御手段が前記波長変換用光導波路上の薄膜ヒーターであることを特徴とする、請求項 1-8 のいずれか一つの請求項に記載の第二高調波発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、青色光源デバイス等に好適に使用できる第二高調波発生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 第二高調波発生装置においては、「OPTICAL REVIEW」 Vol. 3, No. 6B(1996) 481-483 頁に記載されているように、ニオブ酸リチウムやニオブ酸カリウムリチウムのような非線形光学結晶からなる基板に光導波路を形成し、この光導波路と半導体レーザーとを結合し、高出力の青色レーザーを得ようとしている。非線形光学結晶の第二高調波の位相整合波長の許容幅は、一般に 1 nm 以下と狭く、第二高調波の位相整合波長の温度特性は、半導体レーザーの波長の温度特性とは異なっている。このため、半導体レーザーから出力される基本波の波長を安定化し、コントロールする技術が重要な課題となっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、こうした第二高調波発生装置の具体的な制御方式を検討していく過程で、更に次の改善点を見出した。即ち、最初に半導体レーザーからの出力と波長とを一定値にロックし、更に波長変換用光導波路における位相整合波長をロックし、第二高調波の出力を一定値に設定する。ところが、半導体レーザーの発振を継続すると、第二高調波の出力が徐々に低下してくることが分かった。通常、半導体レーザーからの基本波の発振出力は、発振を始めてから時間が経過してもほぼ一定に保持されているはずなので、第二高調波の経時的な出力低下は問題であり、その解決が望まれていた。

【0004】 本発明の課題は、基本波を発振する半導体レーザーと、基本波を第二高調波へと変換するための波長変換用光導波路を備えた変換用基板と、光導波路の温度を制御するための温度制御手段とを備えたデバイスにおいて、第二高調波の出力の経時的な減少を防止することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は、ヒートシンク、このヒートシンクの上に支持されているマウント、マウントに支持されている、基本波を発振するための半導体レーザー、マウントに支持されている、基本波を第二高調波へと変換するための波長変換用光導波路を備えた変換用基板、および波長変換用光導波路の温度を制御するための温度制御手段を備えており、マウントが熱伝導部と断熱部とを備えており、半導体レーザーが熱伝導部を介してヒートシンク上に支持されており、変換用基板とヒートシンクとの間に少なくとも断熱部が介在していることを特徴とする、第二高調波発生装置に係るものである。

【0006】 主として図 1 を参照しつつ、本発明の作用効果について述べる。

【0007】本発明者は、前述した第二高調波の出力の経時的減少の原因について検討した結果、次の発見に至った。即ち、第二高調波発生装置を駆動させると、半導体レーザー1から多量の熱量が定常的に発生する。半導体レーザー1から発生する熱量によってその温度が上昇すると、半導体レーザー1の発振出力が低下する。

【0008】この理由は以下のとおりである。半導体レーザーの出力特性は、利得条件によって決定される。利得は、下記式によって表される。

$$\text{利得} = \xi a (T) [(n - n_g) - b (\lambda - \lambda_0(T))]$$

(n : キャリア密度 λ : 発振波長 ξ : 閉じ込め係数

a (T) : 微分利得係数 n_g : 自然放出キャリア密度

b : 材料定数 λ₀ (T) : 波長オフセット値)

【0009】従って、注入電流が一定であるものとする、温度が上昇するとゲインが小さくなり、出力が低下する。このように半導体レーザーの出力が変化すると、第二高調波の出力もそれに比例して低下する。このため、第二高調波を安定して発振させるためには、半導体レーザーを継続して稼働させたときにその温度の上昇を防止する必要がある。このため、通常は半導体レーザーの下にステンレス等の金属からなる支持台4を設置し、その下に放熱用のヒートシンク6を設置することによって、半導体レーザー1から発生する熱量をヒートシンク6へと逃がしている。これによって半導体レーザー1の温度上昇は抑制されていたはずであった。

【0010】ところが、前述のような型の第二高調波発生装置においては、薄膜ヒーター8などによって変換用基板2を温度制御して、光導波路の屈折率を変化させ、光導波路における位相整合波長を半導体レーザー1の発振波長に合わせている。この位相整合波長は、特に温度による影響を受けやすい。また、薄膜ヒーター8から変換用基板2へと入熱する熱量が一定であったとしても、支持台5を通してヒートシンク6へと逃げる熱量が比較的に大きく、このため光導波路の温度を一定値に留めておくためには、定常的に比較的に大きな熱量を薄膜ヒーター8から変換用基板2へと投入する必要がある。このように、変換用基板2の下側の支持台5には、定常的に大きな熱量が入り出しており、このため光導波路の温度が変化しやすい状態にあった。

【0011】こうした状態で、半導体レーザー1からの熱量が、支持台4、5を通過してヒートシンク6に逃げずに変換用基板へと伝搬すると、薄膜ヒーター8から継続的に変換用基板2へと入熱される熱量と相まって熱量が過剰となり、変換用基板2の温度が徐々に上昇する傾向があった。更に、薄膜ヒーター8からの熱量が支持台5を通過してヒートシンク6に逃げずに半導体レーザー1の下側の支持台4へと伝わり、半導体レーザー1へと

入熱することで、その発振状態を不安定するさせるという現象もあった。これらの原因が相まって、第二高調波の出力の経時的低下を生じていたものと思われる。

【0012】これに対して、本発明によれば、支持台5の支持面5aと変換用基板2の底面2bとの間に、断熱部として断熱層3Aを介在させている。

【0013】こうした装置によれば、半導体レーザー1から発生する熱量は、支持台4、5の底面4b、5dからヒートシンク6へと逃げるので、半導体レーザー1を稼働させたときの温度上昇を防止できる。つまり、半導体レーザー1の方は、稼働に伴って不可避免的に発生する熱量を効果的に逃がすことが必要だからである。

【0014】これと同時に、温度制御手段である薄膜ヒーター8によって加熱される変換用基板2の下側には、断熱層3Aを設けて、熱量の出入りを遮蔽することにした。これによって、変換用基板2から支持台5、ヒートシンク6へと逃げる熱量が著しく減少することから、支持台5、ヒートシンク6へと逃げる熱量による変換用基板2の温度の変化が少なくなる。これと同時に、半導体レーザー1から支持台4、5を伝搬してきた熱量は、断熱層3Aで遮蔽され、そのほとんどがヒートシンク6へと逃げる。また、薄膜ヒーター8から発生した熱量は、支持台4へと伝達しにくいので、半導体レーザー1へとこの熱量が到達して相乗的に半導体レーザー1へと悪影響を与えることもない。

【0015】このように、本発明の装置は、半導体レーザー1の稼働に伴って継続的に半導体レーザー1から発生する熱量は、ヒートシンク6へと効果的に逃がし、同時に薄膜ヒーターによって加熱される変換用基板2と支持台4、5との間の熱量の出入りは、半導体レーザー1とは反対に遮断することで、変換用基板2の温度変化を防止し、かつ半導体レーザー1への悪影響を防止した。

【0016】本発明の一実施形態においては、断熱部が、変換用基板の底面を支持する断熱層である。また、特に図1〜図2においては、熱伝導部が、半導体レーザーを支持する第一の支持台と、第一の支持台と別体の断熱層を支持する第二の支持台とを備えている。

【0017】図1の装置について、更に詳細に述べる。

【0018】ヒートシンク6は、熱伝導率の大きい材料、例えばアルミニウム、銅、コパールからなる。この上に、第一の支持台4と第二の支持台5とが載置されている。支持台4の支持面4cに半導体レーザー1が載置されている。また、支持台5の支持面5aに断熱層3Aが載置されており、断熱層の上に変換用基板2が載置されている。本例では、別体の支持台4の側面4aと支持台5の突出部5bの側面5cとが互いに接触している。第一の支持面4cと第二の支持面5aとの間には溝16が形成されている。変換用基板2の上面2aの上に薄膜ヒーター8が形成されている。

【0019】半導体レーザー1を稼働させると、発生し

た熱量は支持台4から底面4bを通過してヒートシンク6へと流れると共に、側面4a、5cを通過して支持台5へと流れる。ここで、支持台5に入熱した熱量のほとんどは、断熱層3Aの作用によって変換用基板2へは至らず、ヒートシンク6へと入熱する。この際、支持台4の底面4bと支持台5の底面5dとの合計面積は大きいので、半導体レーザー1で発生した熱量を効果的にヒートシンク6へと逃がすことができる。

【0020】一方、薄膜ヒーター8から発生した熱量は、変換用基板2へと流れ、断熱層3Aによって遮蔽される。この際、変換用基板2の温度を監視し、その温度が一定になるように薄膜ヒーターへの投入電力を制御する。この投入電力をいったん制御し終わった後は、前述した理由から変換用基板2の温度はほとんど変動しない。このため、光導波路における位相整合波長の変化を防止できる。

【0021】本発明における断熱部（例えば断熱層3A）の材質の熱伝導率は、マウントの熱伝導部（例えば支持台4、5）を構成する材質の熱伝導率の1/5以下であることが好ましく、1/10以下であることが更に好ましい。こうした材質としては、熱伝導率が低いと共に、熱膨張が変換用基板と合致することが必要であり、ソーダガラス、石英ガラス、低熱伝導セラミック、BK7、ニオブ酸カリウムリチウム-タンタル酸カリウムリチウム固溶体、ニオブ酸カリウムリチウム、ニオブ酸リチウムが好ましく、ソーダガラスが特に好ましい。

【0022】本実施形態では、半導体レーザー1の下側の第一の支持面4cと変換用基板2の下側の第二の支持面との間に溝16を設けることによって、更に次の作用効果が得られる。即ち、各支持台の各支持面に近い側面が互いに接触していると、この領域を通して熱量が流れ、断熱層3Aおよび変換用基板2へと伝達しやすい。これに対して、溝16を設けることで、こうした支持台の支持面に近い側面における熱伝導を遮断できるので、変換用基板2の温度上昇を更に抑制できる。その上、各支持台のヒートシンク6（底面4b、5d）に近い領域は互いに接触しているので、ヒートシンク6への熱の流入はほとんど妨げられることはない。

【0023】また、断熱層に空隙部分を設けることによって、断熱層における熱抵抗を上昇させることができる。図2は、こうした実施形態に係る第二高調波発生装置11Bを模式的に示す断面図である。図1において既に説明した構成部分には、図1と同じ符号を付け、その説明は省略する。

【0024】図2に装置においては、断熱層3Bの上面側は平坦であるが、下側には複数の凹部12が空隙部分として形成されている。このため、凹部12の間の突出部分13のみが支持台5に対して接触している。従って、断熱層3Bの支持台5への接触面積が小さくなる。

【0025】この実施形態においては、断熱層の3Bの

凹部の面積と突出部分の面積との合計に対する、突出部分13の面積の比率は、50%以下であることが好ましく、20%以下であることが更に好ましい。また、安定支持の観点からは、10%以上であることが好ましい。また、この断熱層3Bの材質の熱伝導率は、支持台5の熱伝導率の1/5以下であることが好ましく、1/10以下であることが更に好ましい。

【0026】断熱層3A、3Bの厚さは、断熱効果を発揮するという観点からは1mm以上であることが好ましい。

【0027】図3、図4は、それぞれ本発明の一実施形態に係る装置11C、1Dを模式的に示す断面図である。

【0028】図3の装置11Cにおいては、一体の支持台15を使用している。支持台15は、第一の部分15aと第二の部分15dとからなっている。ヒートシンク6上に支持台15の底面15cが載置されている。第一の部分15aの支持面15b上に半導体レーザー1が載置されている。第二の部分15dの支持面15eの上に断熱層3Aが載置されており、断熱層3Aの上に変換用基板2が載置されている。第一の部分15aの支持面15bは、第二の部分15dの支持面15eよりも高い位置にある。

【0029】図4の装置11Dにおいては、図3と同様に一体の支持台15を使用している。そして、断熱層3Bは、図2の断熱層と同様である。

【0030】本発明においては、断熱部は上記のように層状でなくともよく、断熱部それ自体が変換用基板を支持する支持台であってもよい。この場合には、熱伝導性材料からなる支持台が変換用基板に接触していないことが好ましい。この実施形態において特に好ましくは、熱伝導部が、半導体レーザーを支持する第一の支持台と、第一の支持台に連結されており、かつヒートシンク上に設置されている第二の支持台とを備えている。更に、断熱部が、ヒートシンク上に設置された第三の支持台を備えており、これが変換用基板の底面を支持している、第一の支持台とヒートシンクとの間に隙間が設けられている。

【0031】図5は、この実施形態に係る装置11Eを示す概略断面図である。第一の支持台4Aの底面4bはヒートシンク6に接触しておらず、両者の間に隙間19が設けられている。そして、第一の支持台4Aは、やはり熱伝導材料製の第二の支持台18の突出部18bの側面18cに接合されている。支持台18の底面18dは樹脂等によってヒートシンク6に接着されている。支持台18の上面18aと変換用基板の底面2bとの間には隙間20が形成されている。

【0032】こうした装置においては、半導体レーザー1を支持台4Aに取り付けた状態で、半導体レーザーと変換用基板の光導波路との間で調芯を行う。そして、調

芯が終了した時点で、支持台4Aを支持台18に対して樹脂等で接着し、固定できる。この際、支持台4Aの底面4bとヒートシンク6とに隙間があり、接着されていると、調芯が容易になる。更に、ヒートシンクおよび支持台4A、18、17の熱膨張による応力が側面4aに作用するのを低減できる。

【0033】半導体レーザー1からの熱は、支持台4A、18を介して、ヒートシンク6へと逃がすことができる。一方、ヒートシンク6上に、第三の支持台17の底面17cが載っており、支持台17の上面17aが変換用基板の底面に接着されている。なお、本例では支持台17の側面17bと支持台18の側面とが接着されているが、両者は離れていても良い。支持台17は、断熱部であり、即ち断熱性材料によって形成されている。更に、変換用基板2の底面2bと熱伝導性の支持台18との間には隙間20が設けられており、熱伝導が生じない。

【0034】温度制御手段としては、薄膜ヒーターが好ましいが、外部ヒーターを使用することもできる。しかし、薄膜ヒーターを波長変換用光導波路上に設けることによって、光導波路の全体にわたって小さい電力でムラなく加熱できる。薄膜ヒーターの代りに、ペルチェ素子を設けることができる。

【0035】変換用基板の材質は、ニオブ酸リチウム、ニオブ酸カリウムリチウム、ニオブ酸カリウムリチウムタンタル酸カリウムリチウム固溶体、ニオブ酸カリウム、チタニルリン酸カリウムが好ましい。

【0036】薄膜ヒーターの材質は、Ni、Ti、Ta、Pt、Crが好ましい。

【0037】本発明の第二高調波発生装置によれば、例えば390nm-470nmの紫外光領域まで発生させることが可能である。従って、こうした短波長の光を利用することで、光ディスクメモリー用、医学用、光化学用、各種光計測用等の幅広い応用が可能である。

【0038】

【実施例】(第二高調波発生装置の作製)図1に示すような装置11Aを作製した。

【0039】マウント4、5をSUS430合金によって形成した(熱伝導率26.4W/m・K)。ヒートシンク6をアルミニウム金属によって形成した。マウント4、5をヒートシンク6に対してハンダによって接着した。マウント4の支持面4cに半導体レーザー1をハンダによって接着した。断熱層3Aを、厚さ1mmのソーダライムガラス板(熱伝導率1.4W/m・K)によって形成した。断熱層3Aをマウント5の支持面5aに紫外線硬化型樹脂によって接着した。断熱層3Aの上に変換用基板2(熱伝導率4.6W/m・K)を紫外線硬化型樹脂によって接着した。

【0040】半導体レーザー光を、レンズを介することなく、光導波路に対して直接に入射させた。100mW

の出力で、光導波路入力力は80mWであった。半導体レーザー光の発振波長は、波長変換用光導波路の反射波長にロックされ、840nmで安定に発振した。

【0041】次に、薄膜ヒーターに1ボルトの電圧を加え、電流を流して発熱させ、波長変換用光導波路の位相整合波長を発振波長に合わせることに成功した。420nmの第二高調波が得られた。この出力は5mWであった。

【0042】次いで、1000時間継続して第二高調波を発生させた。この間、薄膜ヒーターに対する供給電力を変更しなかった。この結果、第二高調波の出力の変化は、最大5%程度であった。

【0043】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、基本波を発振する半導体レーザーと、基本波を第二高調波へと変換するための波長変換用光導波路を備えた変換用基板と、光導波路の温度を制御するための温度制御手段とを備えたデバイスにおいて、第二高調波の出力の経時的な減少を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る第二高調波発生装置11Aを模式的に示す断面図である。断熱層3Aを支持台5の支持面5aと変換用基板2の底面2bとの間に介在させている。

【図2】他の実施形態に係る装置11Bを模式的に示す断面図であり、空隙部分12を有する断熱層3Bを使用している。

【図3】更に他の実施形態に係る装置11Cを模式的に示す断面図であり、一体の支持台15を使用している。

【図4】更に他の実施形態に係る装置11Dを模式的に示す断面図であり、一体の支持台15を使用しており、空隙部分12を有する断熱層3Bを使用している。

【図5】更に他の実施形態に係る装置11Eを模式的に示す断面図であり、第一の支持台4A(熱伝導部)、第二の支持台18(熱伝導部)および第三の支持台17(断熱部)を備えている。

【符号の説明】

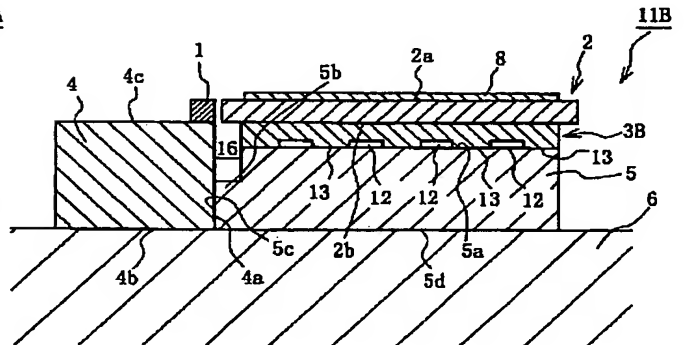
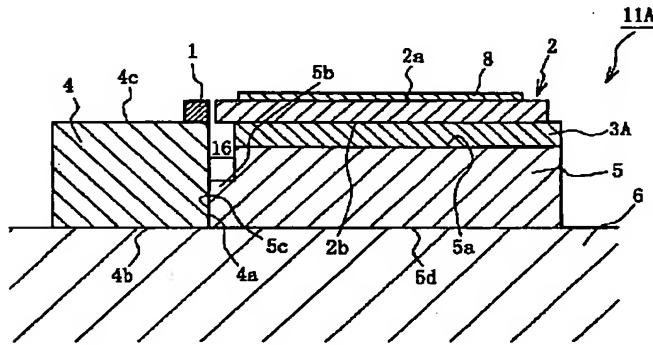
- | | | | | |
|----|-------------------------|--------------|---------------------------|------------------------|
| 1 | 半導体レーザー | 2 | 変換用基板 | 2 |
| b | 変換用基板2の底面 | 3A | 断熱層(断熱部) | |
| 3B | 空隙部分12が形成されている断熱層(断熱部) | 4 | 第一の支持台(熱伝導部) | |
| 4a | 第一の支持台4の側面(第二の支持台との接触面) | 4b | 第一の支持台4の底面 | 4c |
| | 第一の支持台4の支持面 | 4A | ヒートシンクから離れている第一の支持台(熱伝導部) | 5、 |
| | 18 | 第二の支持台(熱伝導部) | 5a、18a | |
| | | 第二の支持台の支持面 | 5c、18c | 第二の支持台の側面(第一の支持台との接触面) |
| | d、18d | 第二の支持台の底面 | 6 | ヒートシンク |
| 8 | 薄膜ヒーター(温度制御手段) | | | |

11A、11B、11C、11D、11E 第二高調波
発生装置 12 凹部（空隙部分） 13
突出部分（接触部分）
15 一体型の支持台 15a 第一の部分
15b 第一の部分の支持面 15c 支持

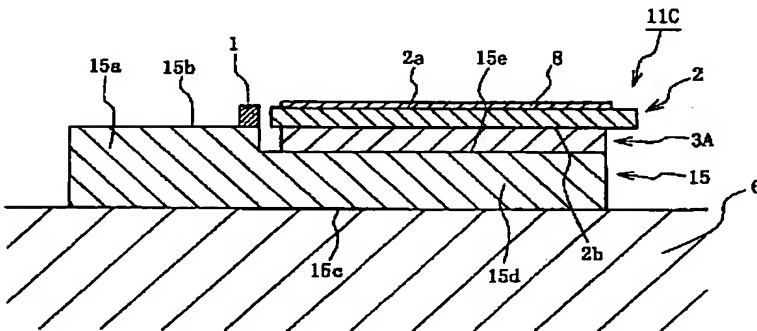
台15の底面 15d 第二の部分
15e 第二の部分の支持面 16 溝
17 第三の支持台（断熱部） 19 第一の支
持台とヒートシンクとの隙間 20 第二の支持台
と変換用基板との隙間

【図1】

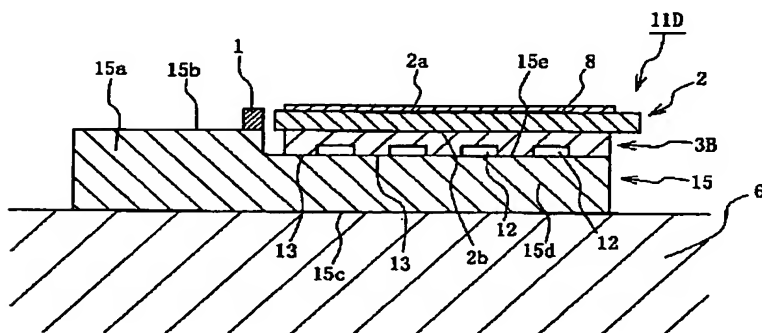
【図2】



【図3】



【図4】



(72)発明者 小塚 義成
愛知県名古屋市長区瑞穂区須田町2番56号 日
本碍子株式会社内

-7-